

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑫ 公開特許公報(A)

平3-17272

⑤ Int.Cl.<sup>5</sup>

C 23 C 16/50  
H 01 L 21/31

識別記号

C

庁内整理番号

8722-4K  
6940-5F

⑬ 公開 平成3年(1991)1月25日

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全9頁)

⑭ 発明の名称 堆積膜形成装置

⑯ 特 願 平1-338400

⑰ 出 願 平1(1989)12月28日

優先権主張 ⑱ 平1(1989)1月26日 ⑲ 日本(JP) ⑳ 特願 平1-14995

㉑ 発 明 者 吉 川 俊 明 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

㉒ 出 願 人 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号

㉓ 代 理 人 弁理士 荻上 豊規

明 細 書

1. 発明の名称

堆積膜形成装置

2. 特許請求の範囲

(1) 円筒状反応容器、該反応容器内に配置された堆積膜形成用基体、プラズマ発生手段、および該基体への光照射手段を有する堆積膜形成装置であって、該円筒状反応容器の少なくとも一部の円筒部分を容器本体から絶縁された外側電極で構成するとともに該円筒状反応容器の内側には前記外側電極と対向する位置に他の内側電極を配置し、前記基体を該内側電極の直下に配置し、該基体表面を活性化させる光の光路と円筒状反応容器とが同軸となるように光照射用光源を前記内側電極の直上に配置し、さらに、前記外側電極を高周波電源に接続するとともに前記内側電極をアース接地し、かつ、前記内側電極と前記外側電極との間に少なくとも一種以上の堆積膜形成用原料ガス導入口を設けたことを特徴とする堆積膜形成装置。

(2) 基体表面を活性化させる光の導入窓と基体と

の間にオリフィスを設け、かつ、該オリフィス内に焦点を結ぶように光照射系を配置したことを特徴とする請求項(1)に記載の堆積膜形成装置。

3. 発明の詳細な説明

〔発明の属する技術分野〕

本発明は、半導体デバイス、絶縁膜あるいは電子写真用の感光デバイスなどの用途に有用な堆積膜を化学的気相法により形成する装置に関するものであり、とりわけ、半導体集積回路又は大規模集積回路デバイスを外界から隔離するためのパッシベーション膜の形成に適した堆積膜形成装置に関する。

〔従来技術の説明〕

従来、堆積膜の形成法には、真空蒸着法、プラズマCVD法、熱CVD法、反応性スパッタリング法、イオンプレーティング法、光CVD法などが知られている。これらの方法は、各々、堆積膜の種類や用途に応じて適宜選択して採用されている。

しかしながら、いずれの堆積膜形成法もそれぞ

れ未解決の問題点を有している。

例えば、熱CVD法は、堆積膜構成元素からなる化合物の気体を高温下で熱分解反応させることにより基体表面上に薄膜を形成せしめる方法であるが、高温熱分解反応によるため限られたプロセスにしか用いることができないという問題を有する。また、高周波プラズマ励起による放電プラズマCVD法は、エネルギーの高いプラズマ状態下で、反応ガスの化学結合を低温で分解し、活性度の高い化学状態の粒子（主に励起された原子、分子などのラジカル群）を作り出し、活性化された粒子間の化学反応により薄膜を形成せしめる方法である。この方法は、低温での粒子生成を可能にすることから実用性の観点から高く評価されているが、こうしたプラズマCVD法の反応プロセスは、熱CVD法に比較してかなり複雑であり、その堆積膜形成パラメーターも多く、製造条件を一般化することが難しいのが実状である。光CVD法については、化学反応を励起し且つ促進させる方法として光エネルギーを用いる方法であるが、

ラス（PSG）等が用いられてきたが、この材料は、H<sub>2</sub>O、Naイオン等に対するブロッキング効果が十分ではなく、さらにブロッキング効果の高いものが求められてきた。

こうしたなかで、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>膜は、PSG、SiO<sub>2</sub>等と比較して、硬度があり、化学的に不活性で高密度なため、H<sub>2</sub>O、Naイオン等不純物に対するブロッキング効果は極めて大きいことから、パッシベーション膜として利用が期待されているが、その成膜時に800℃程度にウエハを昇温する必要があることから実用化には至っていない。

最近、プラズマCVD（以下、「PCVD」と略す。）法の開発により、300℃程度でのSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>膜の成膜が可能となった。これについての報告例は多数見られる。提出されている。例えば「真空」第31巻第3号第167頁小早川幹夫ら著「低圧プラズマCVDによる窒化シリコンコーティング膜」がその1例としてあげられる。以下、PCVD法によるSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>膜の成膜について図面を用

プラズマCVD法では高エネルギーの粒子の基体への衝突や、荷電粒子の存在などによりデバイスの特性が変動するおそれがあるのに対し、光CVD法ではそうした問題がないのに加えて、プラズマCVD法と同様に低温成膜の効果を期待できる。しかしながら、光CVDにあたっては、反応ガスについて、吸収する光の波長の制限がある。このことから、生成される膜の種類はおのずかと限られてしまう。

こうした種々のCVD法の問題点を解決するについて種々の方法が試みられている。その1つとして高周波プラズマCVD法を改良した混成励起法によるCVD法が提案されている。

以下、その一例を記載する。

従来、半導体集積回路（以下、「IC」と略す。）、特に大規模集積回路（以下、「ULSI」と略す。）の信頼性向上のため、これらのデバイスを外界の影響から隔離することを目的としたパッシベーション膜が用いられている。そして該パッシベーション膜の材質には、リンシリケートガ

いて説明する。

第3図はPCVD法による成膜装置を説明するための概略図である。該装置によるSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>膜の成膜は以下のようにして行なわれる。すなわち、バルブ4を開き、真空容器3内の残留ガスを排気した後、流量調節弁25を介してガス吹き出し用リング22からSiH<sub>4</sub>とNH<sub>3</sub>の混合ガスを真空容器内に導入する。次に、バルブ4で容器内の圧力を10torr程度に調達し、ウエハホルダ5上に設置したウエハ6をヒーター24で300℃に加熱する。その後、RF（主に13.56 MHz）電源1よりRF電力を、カソード電極7とウエハホルダ5の間に印加する。この際電界が生じ、それによりカソード電極7とウエハホルダ5との間にグロー放電がもたらされてガスがプラズマ状態となり、SiH<sub>4</sub>とNH<sub>3</sub>が分解、結合を繰り返しウエハ表面に反応生成物としてのSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>の膜が堆積される。

しかしながら、PCVD法で成膜されたSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>膜は、SiH<sub>3</sub>N-H結合の形で約20atm%もの

Hを含む。このSi、N、膜をMOSデバイスに使用した場合、前記のHがゲート電極とシリコン表面の界面に移動し、ホットエレクトロンをトラップしてしまう。その結果、MOSデバイスのしきい値の変動及び劣化を引き起こす。第5図はPCVD法で成膜したSi、N、膜の赤外線吸収特性を示すスペクトルである。

以上の問題点を改善するために、クヌーセン領域における混成励起CVD法の応用が考えられている。該混成励起CVD法による膜形成は、高周波グロー放電により励起した堆積膜の構成要素となる原料ガスを堆積膜形成用基体表面に供給するとともに、該基体表面に光照射を行って基体表面を活性化せしめ、活性化された基体表面に所望の堆積膜を形成せしめるものである。この方法によれば、SiH<sub>4</sub>ガスを用いたN<sub>2</sub>プラズマ中で分解・再結合の過程を経てウエハ上にSiN、SiH、NHの結合物としての膜を堆積させるものであるが、前記従来例のPCVD法に比較して、ウエハ上の堆積物のうち、SiHは非常に少ない、

ダ回転用モーター、26はギヤ、27はウエハホルダ回転用モーターの電源をそれぞれ示している。

該装置を用いた堆積膜の形成は以下のようにして行なわれる。すなわち、ウエハ6上にSiN膜を形成させる場合、バルブ4を通して真空容器3内のガスを排気した後、流量調節弁11よりN<sub>2</sub>ガスおよび流量調節弁9よりSiH<sub>4</sub>ガスをそれぞれ真空容器内に導入する。SiH<sub>4</sub>ガスは、吹き出し用リング8から、ウエハホルダ5上に置かれたウエハ6に吹き付けられる。容器内の圧力をバルブ4で調節し、カソード電極7にRF(13.56MHz)電源1から、RF電力を印加する。すると、カソード電極7とアース接地された真空容器壁3の間でグロー放電が発生し、N<sub>2</sub>ガスは励起されてプラズマ状態となり真空容器内部全体に拡散する。SiH<sub>4</sub>吹き出し用リング8からウエハ表面に吹き出されたSiH<sub>4</sub>ガスは、N<sub>2</sub>プラズマと反応し、前記のようにウエハ上に堆積する。この堆積物にランプ16から紫外線がウエハ6表面に照射され、良質のSiN膜が形成される。

主にSiN、NHが堆積する。そして、ウエハ表面には紫外線ランプから紫外線が照射され、NH結合基は波長450nm以下の光を吸収するため、分解し気相中に脱離する。この結果、H含入量の少ないSiN膜を得ることが可能となる。即ち、後述する第4図に示す装置を用いた成膜例ではH含入量10atm%以下のSiNが得られる。第6図にクヌーセン領域における混成励起CVD法で成膜したSiN膜の赤外線吸収特性を示した。

第4図は、クヌーセン領域における混成励起CVD法による堆積膜形成装置の1例を模式的に示す断面図である。図中、1は高周波電源、2は真空計、3は導電性物質からなる反応容器、4は排気量調節弁、5はウエハホルダ、6はウエハ(堆積膜形成用基体)、7はカソード電極、8はSiH<sub>4</sub>ガス吹き出し用リング、9はSiH<sub>4</sub>ガス流量調節弁、10は絶縁物からなる円筒状の反応容器、11はN<sub>2</sub>ガス流量調節弁、14はXeランプ光透過窓、15はXeランプ電源、16はXeランプ、17はXeランプ光吸収用鏡、25はウエハホル

しかし、こうした従来の装置による方法では、真空容器内のプラズマが一方向から流れてくるため、プラズマ密度は中心からずれた位置に極大をもつ分布となる。実際にプラズマ密度を測定したところ、カソード電極7から離れるに従ってプラズマ密度が減少しており、例えばN<sub>2</sub>ガスが10<sup>-4</sup>torrのガス圧の時カソード電極7に2.2 w/cm<sup>2</sup>のRF電力を印加したところ、プラズマ密度はウエハ表面のカソード電極付近で2×10<sup>10</sup>cm<sup>-3</sup>であり、そしてウエハ中心部では1×10<sup>9</sup>cm<sup>-3</sup>だった。SiH<sub>4</sub>ガスはプラズマ密度の違い所程分解が進むため、このことは成膜速度の面内均一性に大きな影響を与え、基体上の膜厚分布が不均一となる原因となる。この場合の成膜速度分布は第7(a)図に示すとおりであった。この偏りを改善するため第4図中のモーター25により、ギヤ26を介して、ウエハホルダ5を回転させ、成膜速度分布の均一化をはかった。第7(b)図にウエハホルダ5を回転させた時の成膜速度分布を示した。しかしこうした従来装置を用いた成膜においては以下

のような問題点がある。

即ち、(i) ウエハホルダを回転させ、成膜速度の平均化を計っているため、膜の厚さ方向に成膜速度の大きな膜と小さな膜が重なり、膜質の均一化が難しい。

(ii) ウエハホルダの回転で成膜速度の均一化をはかるためには成膜速度分布が第7(c)図の点線状に分布している必要がある。しかし、プラズマ密度分布は、カソード電極付近を頂点とした円錐状となっている。このため成膜速度分布もプラズマ密度分布に似て第7(c)図の実線の分布になる。この結果ウエハホルダを回転させても成膜速度分布はウエハ円周部がウエハ中心部より小さくなり、限界がある。

(iii) ウエハホルダを回転させるためには回転機構が必要である。これは装置構成を複雑にしました故障の原因となる。

(iv) さらに、第4図に示す従来の装置は、プラズマを生成する空間と基板表面活性化光の光路とが分離されていないため、生成したプラズマの一部

び、プラズマを基板の外周方向からドーナツ状に拡散させることによりプラズマ密度分布を均一として、基板の回転などの機械的運動を用いずとも均一な膜厚分布を有する堆積膜の形成が可能となることが判明した。また、光導入窓と基板との間にオリフィスを設け、該オリフィス内に焦点を結ぶような光照射系を設けることにより、導入窓の曇りを防止するとともに、大面積の基板への膜形成を可能としうることも判明した。

本発明は、これらの知見に基づいて完成せしめたものであり、その骨子とするところは、円筒状反応容器、該反応容器内に配置された堆積膜形成用基体、プラズマ発生手段、および該基体への光照射手段を有する堆積膜形成装置であって、該円筒状反応容器の少なくとも一部の円筒部分を容器本体から絶縁された外側電極で構成するとともに該円筒状反応容器の内側には前記外側電極と対向する位置に他の内側電極を配置し、前記基体を該内側電極の直下に配置し、該基体表面を活性化させる光の光路と円筒状反応容器とが同軸となるよ

うに光透過窓14に向けて拡散し、光透過窓14の表面に堆積膜が形成されて、光透過窓14の内側に曇りを発生させてしまう。そしてこのことは、光透過窓14に付着した膜を定期的に除去する必要があるという問題を生じさせるばかりでなく、光透過窓14上に付着した膜はがれを生じ、はがれた膜ウエハ(基体)6の表面を汚染するという問題を生じさせるところとなる。

#### 〔発明の目的〕

本発明の目的は、前述のごとき従来の混成励起法による堆積膜形成装置における諸問題を克服し、基板表面に均一な膜質・膜厚を有する堆積膜を安定して形成しうる装置を提供することにある。

#### 〔発明の構成・効果〕

本発明者は、従来の混成励起法による堆積膜形成装置における諸問題を克服すべく鋭意検討を重ねたところ、堆積膜形成用原料ガスを励起させる空間と、堆積膜形成用基体表面を活性化させる光の光路とを同軸とし、かつ分離すること、およ

うに光照射用光源を前記内側電極の直上に配置し、さらに、前記外側電極を高周波電源に接続するとともに前記内側電極アース接地し、かつ、前記内側電極と前記外側電極との間に少なくとも一種以上の堆積膜形成用原料ガス導入口を設けたことを特徴とする堆積膜形成装置、あるいはさらに基体表面を活性化させる光の透過窓と基体との間にオリフィスを設け、かつ、該オリフィス内に焦点を結ぶように光照射系を配置したことを特徴とする堆積膜形成装置にある。

上記構成の装置によれば、例えばSiN膜を成膜させる場合、N<sub>2</sub>プラズマがウエハの外周方向からドーナツ状に拡散されるため、ウエハ両端部からのプラズマが加算されてウエハ全面にわたりプラズマ密度は平均化される。また、ウエハ表面に照射されるXeランプからの光はドーナツ状のN<sub>2</sub>プラズマの内側を通りウエハに照射される。

#### 〔実施例〕

以下、図面を用いて本発明を説明するが、本発明はこれらにより限定されるものではない。

**実施例 1**

第1図は、本発明の実施例装置の典型的1例を示す断面図である。図中、1はRFグロー放電を起こすためのRF電源、2は真空室内の圧力を調べる真空計、3はステンレス等導電性物質でできた真空容器、4は排気系の排気量を調節するためのコンダクタンスバルブ、5はウエハホルダ、6は堆積膜形成用基体であるウエハ、7はRF電力を真空容器内に投入するためのカソード電極（外側電極）、8はS i H<sub>4</sub>ガスをウエハ表面に吹き付けるためのリング状ガス噴出管、9はS i H<sub>4</sub>ガス流量を制御するためのバルブ、10は石英等の絶縁物でできた外側円筒管、11はN<sub>2</sub>ガス流量を制御するためのバルブ、12はN<sub>2</sub>ガスをドーナツ状に噴出するためのリング状ガス導入管、13はステンレス等導電性物質でできていてアース接地されている内側円筒管（内側電極）、14は石英等紫外線を透過する材料でできた光透過窓、15はXeランプの電源、16はXeランプ光を照射するためのランプ、17はXeランプ光をウエハ方向に収束

エハの外周部分からウエハ中心部に向かって拡散する。そして、リング状のS i H<sub>4</sub>ガス導入管8から噴出されたS i H<sub>4</sub>ガスと反応する。そして、反応生成物がウエハの表面に堆積する。Xeランプ16で発生した紫外線は鏡17でウエハ方向に収光され、光路18に沿って光透過窓14を透過してウエハ表面に照射される。ウエハ6表面上でのS i N膜の成膜速度はN<sub>2</sub>プラズマ密度に依存するが、該設置においては、円筒管（内側電極）13と石英管からなる円筒管10の口径、円筒管13の下端とウエハ（基体）6表面までの距離、さらには、カソード電極（外側電極）7の位置を、原料ガスの種類や導入圧力などに応じて適宜調整することにより、ウエハ6付近のプラズマ密度を均一にすることが可能となるため、ウエハ6表面上に形成される膜の膜厚分布を均一にすることが可能となる。

以上の実施例で次の効果が得られた。

(a) RF電力により発生したN<sub>2</sub>プラズマは、ウエハ外周部からドーナツ状に拡散する。このため

させるための鏡、18はXeランプ光の光路をそれぞれ示しており、反応容器は、上記の真空容器3と外側円筒管10と内側円筒管13と光透過窓14との組合で構成されている。

次に、該装置を用いた堆積膜形成について、S i N成膜例を用いて説明する。まず、バルブ4を開き、真空容器3と外側円筒管10と内側円筒管13と光透過窓14で構成される反応容器内を真空排気する。そして、バルブ11を開き、N<sub>2</sub>ガスを反応容器内に導入する。同様にバルブ9を開き、S i H<sub>4</sub>ガスを導入する。真空計2で圧力を観察しながらバルブ4を閉じて反応容器内の圧力を調節する。その後Xeランプ16を点灯し、ウエハ表面に紫外線を照射する。一方、カソード電極7（外側電極）に電源1からRF電力を供給する。するとRF電力は、絶縁物でできた外側円筒管10壁を透過してアースに接地された内側円筒管13壁（内側電極）との間で、グロー放電を起こす。この放電は、同心円筒状の2個の電極7、13の間で生じるため、グロー放電で生じたプラズマは、ウ

エハ中心部では、ウエハ両端からのプラズマ拡散が重なり、プラズマ密度はウエハ全体にわたり均一化される。

即ち、実例として、10mtorr、N<sub>2</sub>雰囲気でカソード電極7に0.8w/cm<sup>2</sup>（全体で200w）のRF電力を供給したところ電子密度は、6 inchウエハの端部で $5 \times 10^{10}$  cm<sup>-3</sup>、該ウエハ中心部で $4.5 \times 10^{10}$  cm<sup>-3</sup>であった。

(b) 前記(a)により、ウエハの回転なしで第8図に示すような成膜速度分布 $\pm 1.0\%$ 以下が得られた。

(c) 反応室の直径をウエハ直径の2倍程度に小型化できた。

**実施例 2**

第2図は、本発明の他の実施例装置を示す断面模式図である。図中、第1図と同一符号を付したものは、前記第1図と同一の内容を示しており、19はハエノ目レンズ、20はオリフィス、21はガス導入管をそれぞれ示している。

第2図に示す装置は、第1図に示す装置におけ

る基板表面活性化の導入法を改良したものであって、光源16からの光18が光透過窓14を通過して内側円筒管13で囲まれた空間Aで焦点を結ぶように、光源16と光透過窓14の間にハエノ目レンズ19を配置してある。さらに、空間A内の焦点位置には光束程度の孔を開けたオリフィス20を設置してあり、基板表面活性化光18はオリフィス20の孔を通過したのち再び拡がり、ウエハ6表面に照射されるようにされている。

該装置を用いた堆積膜を用いた膜形成は、実施例1の場合と同様にして行なわれ均一な膜厚を有する堆積膜の形成が可能となるが、さらに本実施例装置の場合には、光透過窓14への堆積膜付着による曇りが防止される。すなわち、実施例1の場合と同様にSiN膜の形成を例とすると、ガス導入管12より導入されたN<sub>2</sub>ガスはプラズマにより励起されてN<sub>2</sub>活性種となって基板6表面へ向けて拡散するが、このうちの少数のN<sub>2</sub>活性種は光透過窓14方向にも拡散する。しかし、本装置にはオリフィス20が配置されているため、N<sub>2</sub>活性

種のオリフィス内に焦点を結ぶ光学系を用いることにより、窓の曇りを減少させることが可能になる。

さらに、オリフィス内の焦点を結ぶ光照射系を設けることにより、大面積の基板への膜形成が可能となる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は、本発明の実施例装置の典型的1例を示す断面模式図であり、第2図は、本発明の他の実施例装置の1例を示す断面模式図である。第3図は、一般的なPCVD法による堆積膜形成装置の1例を示す断面模式図であり、第4図は従来の混成励起法による堆積膜形成装置の1例を示す断面模式図である。

第5図は、第3図に図示する装置で成膜したSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>膜の赤外線吸収特性を表わしており、第6図は、第4図に図示する装置で成膜したSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>膜の赤外線吸収特性を表わしており、第7図は第4図に図示する装置で成膜した時の6 inchウエハ内成膜速度分布を表わすものであって

種が光透過窓14に直接到達するのを減少させることができる。さらに該装置においては、内側円筒管13内壁にガス導入管21を設置しオリフィス20と光透過窓14とに囲まれた空間にN<sub>2</sub>ガスを導入し、オリフィス20の孔からウエハ6表面に向けてN<sub>2</sub>ガスを放出させることも可能となり、この場合にはN<sub>2</sub>活性種が光透過窓14に到達する確率がさらに減少する。また、本装置においては光源16からの光18をハエノ目レンズ19でいったん収束させ、再び拡げているため、光透過窓14の大きさに比較して基板面積を大きくすることができることから、大面積の堆積膜形成も可能となる。

#### 〔発明の効果の概要〕

本発明の装置は、混成励起CVD法による堆積膜形成装置において、プラズマ生成空間と基板表面活性化光の光路とを同軸構造とし、かつプラズマを基板の外周方向から拡散させることにより、基板の回転等の機械的運動なしで、均一な膜厚分布を得ることが可能になる。

また、光導入窓と基板間にオリフィスを設け、

(a)はウエハを回転しない時、(b)はウエハを回転した時、(c)はウエハを回転しない時の成膜速度分布をそれぞれ表わしており、第8図は第1図に図示する装置で成膜した時の6 inchウエハ内成膜速度分布を表わしている。

第1乃至4図において、

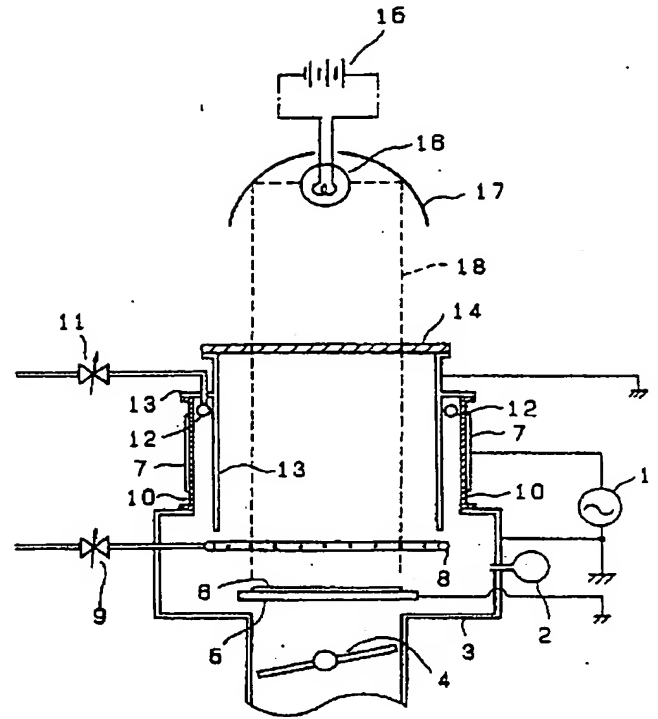
- 1…RF電力発生用電源、2…真空計、
- 3…導電性物質でできた反応室壁、
- 4…排気量調節弁、5…ウエハホルダ、
- 6…ウエハ、7…カソード電極、
- 8…SiH<sub>4</sub>ガス吹き出し用リング、
- 9…SiH<sub>4</sub>ガス流量調節弁、
- 10…絶縁物でできた円筒状の反応室壁、
- 11…N<sub>2</sub>ガス流量調節弁、
- 12…N<sub>2</sub>ガス吹き出し用リング、
- 13…導電物でできた反応室壁でアノード電極をかねる。
- 14…Xeランプ光透過窓、15…Xeランプ電源、
- 16…Xeランプ、17…Xeランプ光吸収用鏡、
- 18…Xeランプ光光路、19…ハエノ目レンズ、

- 20…オリフィス、21…ガス導入管、
- 22… $\text{SiH}_4 + \text{N}_2$ ガス吹き出し用リング、
- 23…ウエハホルダ加熱ヒーター用電源、
- 24…ウエハホルダ加熱ヒーター、
- 25…ウエハホルダ回転用モーター、
- 26…ギヤ、
- 27…ウエハホルダ回転用モーターの電源。

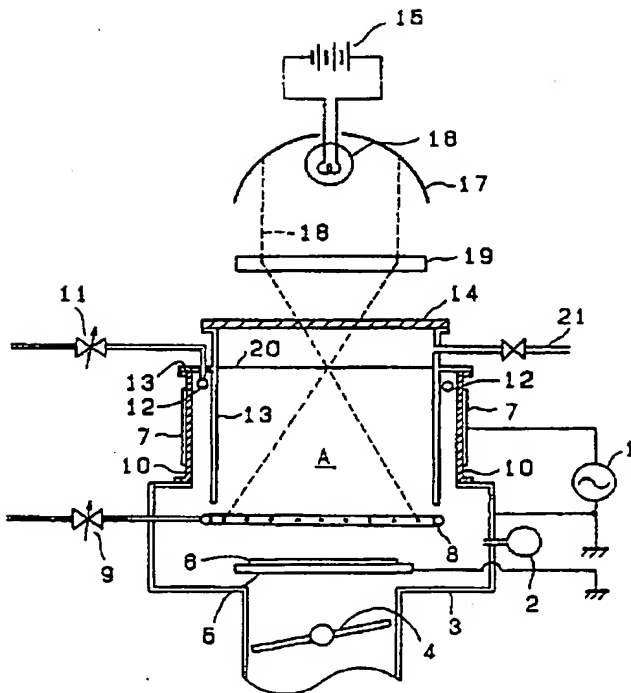
特許出願人 キヤノン株式会社  
代理人 弁理士 荻上 豊規



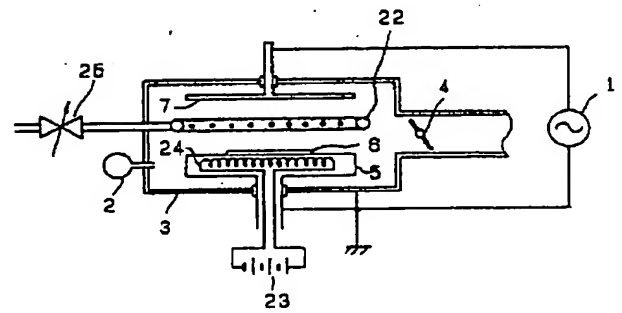
第 1 図



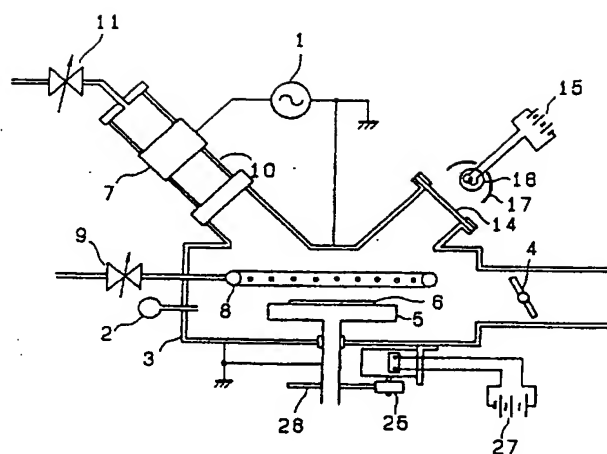
第 2 図



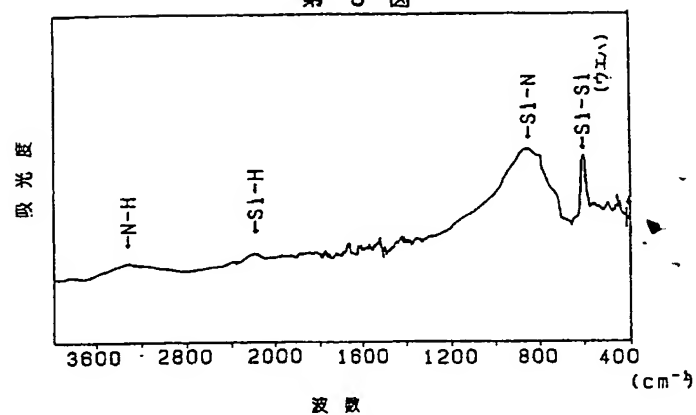
第 3 図



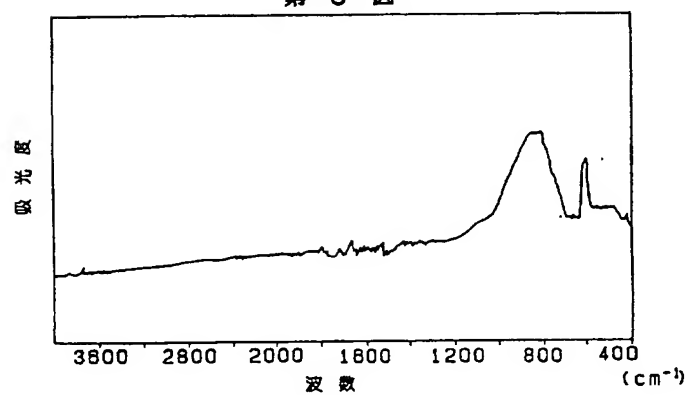
第 4 図



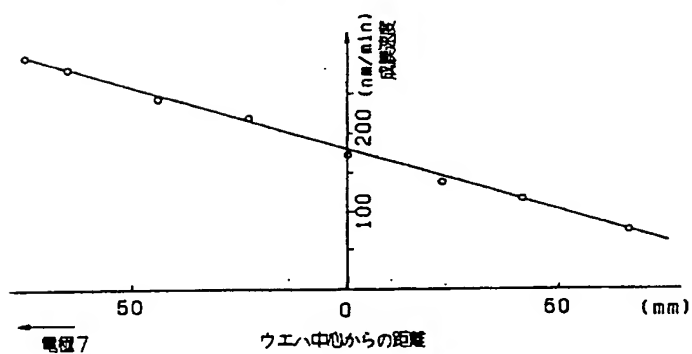
第 5 図



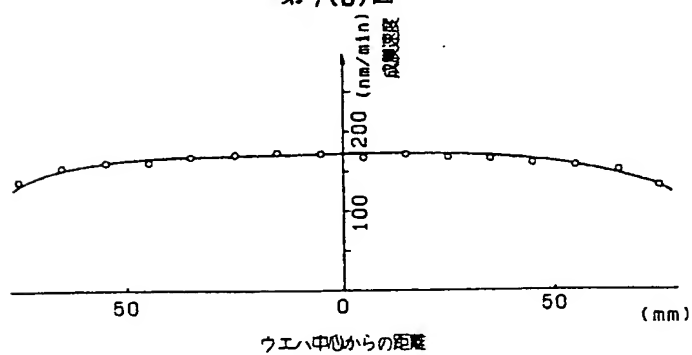
第 6 図



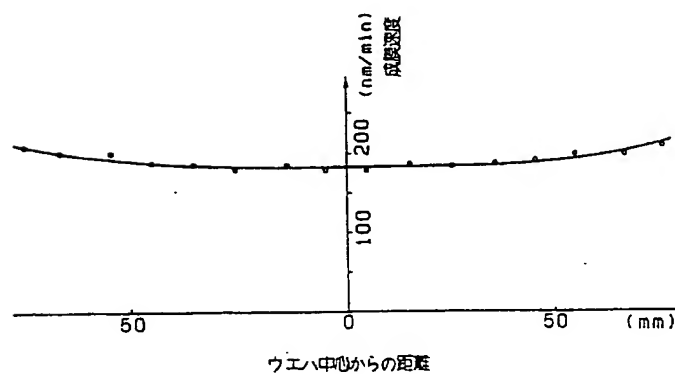
第 7(a) 図



第 7(b) 図



第 8 図





第7(c)図

